



Наукові перспективи
Видавнича група

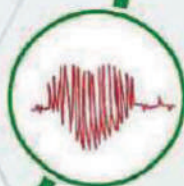
Перспективи та інновації науки



СЕРІЯ "ПЕДАГОГІКА"



СЕРІЯ "ПСИХОЛОГІЯ"



СЕРІЯ "МЕДИЦИНА"



№6(40)2024

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського

Видавнича група «Наукові перспективи»

Луганський державний медичний університет

Громадська наукова організація «Система здорового довголіття в мегаполісі»

Громадська організація «Християнська академія педагогічних наук України»

Громадська організація «Всеукраїнська асоціація педагогів і психологів з
духовно-морального виховання»

*за сприяння КНП "Клінічна лікарня №15 Подільського району м.Києва",
Центру дієтології Наталії Калиновської*

«Перспективи та інновації науки»

(Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)

Випуск № 6(40) 2024

Київ – 2024

Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University

Publishing Group «Scientific Perspectives»

Luhansk State Medical University

Public scientific organization "System of healthy longevity in the metropolis"

Public organization "Christian Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine"

Public organization "All-Ukrainian Association of Teachers and Psychologists of
Spiritual and Moral Education"

*with the assistance of the KNP "Clinical Hospital No. 15 of the Podilsky District of Kyiv",
Nutrition Center of Natalia Kalinovska*

"Prospects and innovations of science"

(Series "Pedagogy", Series "Psychology", Series "Medicine")

Issue № 6(40) 2024

Kiev – 2024

ISSN 2786-4952 Online

УДК 001.32:1/3](477)(02)

DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-6\(40\)](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-6(40))

«Перспективи та інновації науки (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)»: журнал. 2024. № 6(40) 2024. С.1378



**Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 27.09.2021
№ 1017 журналу присвоєно категорію "Б" із психології та педагогіки**

**Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 27.04.2023
№ 491 журналу присвоєно категорію "Б" із медицини: спеціальність 222**

Рекомендовано до видавництва Президією громадської наукової організації «Всеукраїнська Асамблея докторів наук з державного управління» (Рішення від 17.06.2024, № 4/6-24)

Журнал видається за підтримки КНП "Клінічна лікарня №15 Подільського району м.Києва", Центру дієтології Наталії Калиновської.



Журнал заснований з метою розвитку наукового потенціалу та реалізації кращих традицій науки в Україні, за кордоном. Журнал висвітлює історію, теорію, механізми формування та функціонування, а, також, інноваційні питання розвитку медицини, психології, педагогіки та. Видання розраховано на науковців, викладачів, педагогів-практиків, представників органів державної влади та місцевого самоврядування, здобувачів вищої освіти, громадсько-політичних діячів.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (IC), Research Bible, міжнародної пошукової системи Google Scholar.

Голова редакційної колегії:

**Жукова Ірина
Віталіївна**

кандидат наук з державного управління, доцент, Лауреат премії Президента України для молодих вчених, Лауреат премії Верховної Ради України молодим ученим, директор Видавничої групи «Наукові перспективи», директор громадської наукової організації «Всеукраїнська асамблея докторів наук з державного управління» (Київ, Україна)

Головний редактор: Чернуха Надія Миколаївна — доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціальної реабілітації та соціальної педагогіки Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Київ, Україна).

Заступник головного редактора: Торяник Інна Іванівна - доктор медичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник лабораторії вірусних інфекцій Державної установи «Інститут мікробіології та імунології імені І.І. Мечникова Національної академії медичних наук України» (Харків, Україна);

Заступник головного редактора: Сіданіч Ірина Леонідівна — доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри педагогіки, адміністрування і спеціальної освіти Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна);

Заступник головного редактора: Жуковський Василь Миколайович — доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри англійської мови Національного університету "Острозька академія" (Рівне, Україна).

Редакційна колегія:

1. Бабова Ірина Костянтинівна - доктор медичних наук, професор, професор кафедри дефектології та фізичної реабілітації, ДЗ "Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського" (Одеса, Україна)
2. Бабчук Олена Григорівна – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри сімейної та спеціальної педагогіки і психології Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського» (Одеса, Україна)
3. Бахов Іван Степанович — доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри іноземної філології та перекладу Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
4. Балахтар Катерина Сергіївна - здобувач ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 053. Психологія, старший викладач кафедри іноземних мов в Національному університеті ім. О. О. Богомольця (Київ, Україна)
5. Бартењева Ірина Олександрівна - кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри педагогіки Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського» (Одеса, Україна)
6. Біляковська Ольга Орестівна – доктор педагогічних наук, професор кафедри загальної педагогіки та педагогіки вищої школи Львівського національного університету імені Івана Франка (м. Львів, Україна)
7. Вадзюк Степан Нестерович - доктор медичних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, почесний академік Національної академії педагогічних наук України, завідувач кафедри фізіології з основами біоетики та біобезпеки Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського України (Тернопіль, Україна)
8. Вовк Вікторія Миколаївна - кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки Державного університету ім. Станіслава Сташица в Пілі (м. Піла, Польща)
9. Гвоздзьєв Сильвія — кандидат наук, Державна професійна вища школа ім. Якуба з Парадижу в Гожуві-Великопольському (Польща)
10. Головач Наталія Василівна — кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри управління персоналом та економіки праці Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)

11. Гречановська Олена Володимирівна – доктор педагогічних наук, професор кафедри філософії та гуманітарних наук Вінницького національного технічного університету (Вінниця, Україна)
12. Гудзь Наталя Іванівна - доктор фармацевтичних наук, професор, ад'юкт кафедри фармації і екологічної хімії Опольського університету, доцент кафедри технології ліків та біофармації Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького (Львів, Україна)
13. Гуменникова Тамара Рудольфівна — доктор педагогічних наук, професор, директор Придніпурської філії Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
14. Дерстуганова Наталя Вікторівна - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри освіти та управління навчальним закладом Класичного приватного університету (Запоріжжя, Україна)
15. Долгова Олена Миколаївна - кандидат психологічних наук, доцент, доцент кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
16. Журавльова Лариса Петрівна — доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедри психології Поліського національного університету (Житомир, Україна)
17. Заячківська Оксана Василівна - кандидат економічних наук, доцент кафедри фінансів та економічної безпеки Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
18. Інжисевська Леся Анатоліївна — кандидат психологічних наук, доцент, доцент кафедри психології та особистісного розвитку Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)
19. Ічанська Олена Михайлівна - кандидат психологічних наук, доцент, доцент кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
20. Кардаш Оксана Любомирівна, кандидат економічних наук, доцент кафедри комп'ютерних технологій та економічної кібернетики Навчально-наукового інституту автоматизації, кібернетики та обчислювальної техніки Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне, Україна)
21. Коваленко Олена Михайлівна - кандидат педагогічних наук, провідний науковий співробітник відділу профільного навчання Інституту педагогіки НАПН України (Київ, Україна)
22. Коваль Галина Миколаївна - доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри мікробіології, вірусології, епідеміології з курсом інфекційних хвороб Ужгородського національного університету (Ужгород, Україна)
23. Ковальчук Анна Сергіївна - здобувач ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 053 Психологія Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)
24. Корильчук Неоніла Іванівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри терапії та сімейної медицини Тернопільського національного медичного університету імені І.Я.Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
25. Корнієнко Петро Сергійович - доктор юридичних наук, доцент, адвокат, заступник першого проректора по роботі з коледжами, професор кафедри філософії та соціально-гуманітарних дисциплін Національної академії статистики, обліку та аудиту (Київ, Україна)
26. Кравчук Володимир Миколайович, доктор юридичних наук, доцент, доцент кафедри конституційного, адміністративного та міжнародного права Волинського національного університету імені Лесі Українки (Луцьк, Україна)
27. Кравчук Людмила Степанівна - кандидат педагогічних наук, доцент, професор кафедри фізичної терапії, ерготерапії, фізичної культури і спорту Хмельницького інституту соціальних технологій Університету «Україна», завідувач кафедрою фізичної терапії, ерготерапії, фізичної культури і спорту Хмельницького інституту соціальних технологій Університету «Україна» (Хмельницький, Україна)
28. Крайник Григорій Сергійович - кандидат юридичних наук, доцент, доцент Житомирського державного університету імені Івана Франка (Житомир, Україна)
29. Левков Анатолій Анатолійович - кандидат медичних наук, доцент кафедри фізичної терапії та ерготерапії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Полтава, Україна)
30. Лігоцький Анатолій Олексійович — доктор педагогічних наук, професор (Київ, Україна)
31. Лисенко Дмитро Андрійович - кандидат медичних наук, доцент кафедри внутрішньої медицини №2 Вінницького національного медичного університету (Вінниця, Україна)
32. Лич (Назарук) Оксана Миколаївна - доктор психологічних наук, доцент, член-кореспондент української академії акмеології, член громадської спілки «Національна психологічна асоціація», доцент кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
33. Макаренко Олександр Миколайович — доктор медичних наук, професор, академік Міжнародної академії освіти та науки, професор кафедри загальномедичних дисциплін Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
34. Мальцев Дмитро Валерійович кандидат медичних наук, завідувач лабораторії імунології і молекулярної біології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця (Київ, Україна)
35. Марушева Олександра Анатоліївна - доктор наук з державного управління, доцент, завідувач кафедри публічного управління та інформаційного менеджменту ПВНЗ Університет Новітніх Технологій (м. Київ, Україна)
36. Мельник Володимир Степанович — доктор медичних наук, професор кафедри неврології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, декан медичного факультету №1 (Київ, Україна)
37. Мігенько Богдан Орестович – кандидат медичних наук, доцент кафедри терапії та сімейної медицини Тернопільського національного медичного університету імені І.Я.Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
38. Мігенько Людмила Михайлівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри внутрішньої медицини №2 Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
39. Мідельський Сергій Людвігович – професор, Академік, Президент Регіональної Академії Менеджменту (Казахстан)
40. Міхальський Томаш — доктор наук, доцент кафедри географії регіонального розвитку Гданського університету (Польща)
41. Миргород-Карпова Валерія Валеріївна - кандидат юридичних наук, заступник директора з наукової роботи, старший викладач кафедри адміністративного, господарського права та фінансово-економічної безпеки Сумського державного університету (Суми, Україна)
42. Мочалов Юрій Олександрович - доктор медичних наук, професор, професор кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Ужгород, Україна)
43. Нікульчев Микола Олександрович – доктор богословських наук, кандидат філософських наук, професор, доцент кафедри філософії НУ «ОМА» (Одеса, Одеська область, Україна)
44. Олійник Світлана Валентинівна - кандидат фармацевтичних наук, доцент, доцент кафедри аптечної технології ліків Національного фармацевтичного університету (Україна)
45. Помиткін Едуард Олександрович — доктор психологічних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту педагогічної освіти і освіти дорослих імені Івана Язюна НАПН України (Київ, Україна)
46. Помиткіна Любов Віталіївна — доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
47. Попель Оксана Василівна - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри української та іноземної філології Одеського національного технологічного університету (Одеса, Україна)
48. Приходькіна Наталя Олексіївна - доктор педагогічних наук, професор кафедри педагогіки, адміністрування і спеціальної освіти Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)
49. Прокоф'єва Марина Олександрівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри іноземної філології факультету лінгвістики та соціальних комунікацій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
50. Сирник Ярослав - доцент кафедри антропології Вроцлавського університету (Вроцлав, Польща)
51. Трушкіна Наталя Валеріївна - кандидат економічних наук, член-кореспондент Академії економічних наук України, дійсний член Центру українсько-європейського наукового співробітництва, старший науковий співробітник відділу проблем регуляторної політики та розвитку підприємництва, Інститут економіки промисловості НАН України (Київ, Україна)
52. Турчинова Ганна Володимирівна — кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету природничо-географічної освіти та екології Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (Київ, Україна)
53. Філіппова Лариса Валеріївна – доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук, доцент, доцент закладу вищої освіти кафедри медичної біохімії та молекулярної біології Національного медичного університету імені О.О.Богомольця, (Київ, Україна)
54. Хохліна Олена Петрівна — доктор психологічних наук, професор, професор кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
55. Чаусова Тетяна Володимирівна — кандидат психологічних наук, доцент, доцент кафедри психології та особистісного розвитку Навчально-наукового інституту менеджменту та психології ДЗВО «Університет менеджменту освіти» НАПН України (Київ, Україна)
56. Черська Марія Сергіївна - доктор медичних наук, завідувачка консультативно-діагностичним відділенням Державної Установи «Інститут ендокринології та обміну речовин НАМН України» (Київ, Україна)
57. Чумак Оксана Володимирівна - доктор економічних наук, доцент, науковий співробітник відділу статистики і аналітики вищої освіти Державної наукової установи «Інститут освітньої аналітики», (Київ, Україна)
58. Шевченко Валерія Геннадіївна - кандидат медичних наук, доцент кафедри хірургії #2 Одеського національного медичного університету (Одеса, Україна)
59. Яковичка Лада Савелівна — доктор психологічних наук, доцент, професор кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)

Статті розміщені в авторській редакції. Відповідальність за зміст та орфографію поданих матеріалів несуть автори.

Хроленко С.О. 953
*САМОРЕГУЛЯЦІЯ ТА СТРАТЕГІЇ КЕРУВАННЯ ЕМОЦІЯМИ У
ФІНАНСОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ: ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ДЛЯ ФАХІВЦІВ*

Четверик-Бурчак А.Г. 964
*ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗВ'ЯЗКУ ЕМОЦІЙНОГО ІНТЕЛЕКТУ МАТЕРІВ ТА
ПСИХОЛОГІЧНОГО ЗДОРОВ'Я ПІДЛІТКІВ*

СЕРІЯ «Медицина»

**Chornenka Zh.A., Palibroda N.M., Mohammad Wathek O. Alsalama, Ishrak
Laban Adnan, Abdulrahim Mohammad Issa Abu Jubbeh, Marцениак I.** 981
*RISK FACTORS OF THE OCCURRENCE OF GASTRIC MALIGNANT
NEOPLASMS - POSSIBLE ORGANIZATIONAL FORMS AND MODELS OF
THEIR PREVENTION*

Shuranova L.V., Jitka Vacková, Hryshchuk A. 993
*SPECIFICS OF FAMILY DOCTORS' ACTIVITIES ON THE WAY TO THE
SUCCESS OF COORDINATED REHABILITATION*

Starchikova I.L., Oganesyanyan I.H., Mykhailo I.H. 1005
*THE IMPACT OF DIABETES MELLITUS ON THE SEVERITY OF
CORONAVIRUS INFECTION: ANALYSIS OF INFLAMMATION MARKERS IN
COVID-19 PATIENTS*

Vysochyna I.L., Kramarchuk V.V., Yashkina T.O., Chernylovskiy A.V. 1015
*THE OPINION OF INTERNS IN THE SPECIALTY "GENERAL PRACTICE -
FAMILY MEDICINE" REGARDING THE ACQUISITION OF CARDIOPULMONARY
RESUSCITATION SKILLS*

Башкірова Л.М., Грузевський О.А., Тиравська Ю.В. 1023
*ВПЛИВ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ НА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ
МЕДИЧНОЇ ОСВІТИ В УКРАЇНІ*

Березуцький І. 1036
МАНУАЛЬНА ТЕРАПІЯ ЦЕРВІКОГЕННОГО ГОЛОВНОГО БОЛЮ. ОГЛЯД

Буров А.М. 1045
*ДОСЛІДЖЕННЯ МУТАЦІЙ ТА ГЕНЕТИЧНИХ ЗМІН У БАКТЕРІАЛЬНИХ
ПОПУЛЯЦІЯХ*

**Вергун А.Р., Литвинчук М.М., Вергун О.М., Мацяк Ю.М., Кіт З.М.,
Мошинська О.М., Карпишин Н.В., Марко О.Г., Паращук Б.М., Лиховид П.Б.,
Кульчицький В.В., Жураєв Р.К., Дац І.В., Олексюк О.Б., Макагонов І.О.,
Калитовська М.Б.** 1057
*ДЕЯКІ ПИТАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ЛІКУВАННЯ УСКЛАДНЕНИХ
ПРОЛЕЖНІВ: АВТОРСЬКІ ПОГЛЯДИ НА ПРОБЛЕМУ*

УДК 616.33-002.44-085.33:615.015.8

[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-6\(40\)-1045-1056](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-6(40)-1045-1056)

Буров Андрій Миколайович кандидат медичних наук, асистент кафедри мікробіології, вірусології та імунології імунології. Д.П. Гриньова, Харківський національний медичний університет, пр. Науки, 4, м. Харків, 61000, тел.: (057) 707-73-80, <https://orcid.org/0000-0002-3236-7259>

ДОСЛІДЖЕННЯ МУТАЦІЙ ТА ГЕНЕТИЧНИХ ЗМІН У БАКТЕРІАЛЬНИХ ПОПУЛЯЦІЯХ

Анотація. У статті розглядаються механізми мутагенезу та генетичні зміни в бактеріальних популяціях, зокрема їх вплив на адаптивність і еволюційні процеси. Основну увагу приділено різноманітним мутаціям, що виникають спонтанно або під впливом зовнішніх факторів, а також їх ролі у формуванні стійкості до антибіотиків та інших екологічних стресів. Описуються дослідження з використанням різних моделей та методів для вивчення специфічності мутацій і їхніх наслідків для бактеріальних популяцій.

Метою цієї роботи є дослідження механізмів мутагенезу та генетичних змін у популяціях бактерій, а також їх впливу на адаптивність і еволюційні процеси в умовах різних екологічних стресів. Було проведено огляд досліджень мутацій та генетичних змін у бактеріальних популяціях. Виявлено різноманітні типи мутацій, включаючи точкові мутації, інсерції, делеції та хромосомні аберації. Ці мутації можуть виникати спонтанно через помилки під час реплікації ДНК або під впливом зовнішніх мутагенів, таких як УФ-промені та хімічні агенти. Досліджено адаптивні мутації, які допомагають бактеріям виживати в стресових умовах, таких як наявність антибіотиків. Виявлено, що мутації в генах, пов'язаних зі стійкістю до антибіотиків, призводять до змін у білках-мішенях, ефлюксних насосах і ферментах, що розщеплюють антибіотики. Генетичні зміни в бактеріальних популяціях сприяють їхній еволюції. Наприклад, вивчення оперонів, таких як *ebg* і *bgl* в *E. coli*, показало, що мутації можуть призводити до розвитку нових метаболічних можливостей і адаптації до нових субстратів. Виявлено, що різні бактерії мають кілька типів репараційних систем, які допомагають виправляти пошкодження ДНК, спричинені мутаціями. Наприклад, фотореактивація та темнова репарація дозволяють бактеріям зберігати генетичну стабільність навіть після значного впливу мутагенів. Дослідження показали, що спонтанні мутації, такі як ті, що відбуваються в гені *gpsL*, можуть значно підвищувати рівень продукції антибіотиків у *Streptomyces*. Також доведено, що мутації в інших генах можуть сприяти стійкості бактерій до антибіотиків, що становить серйозну проблему для сучасної медицини.

Ці результати підкреслюють важливість вивчення мутацій та генетичних змін у бактерій для розуміння механізмів їх адаптації та еволюції, а також для розробки нових підходів до боротьби з антибіотикорезистентністю.

Ключові слова: бактерії, спонтанні мутації, адаптивні мутації антибіотикорезистентність, генетичні зміни, резистентність, ДНК.

Burov Andriy Mykolayovych Philosophy Doctor, Assistant of the Department Microbiology, Virology and Immunology named after D.P. Gryniov, Kharkiv National Medical University, Ave Nauky, 4, Kharkiv, 61000, tel.: (057) 707-73-80, <https://orcid.org/0000-0002-3236-7259>

RESEARCH OF MUTATIONS AND GENETIC CHANGES IN BACTERIAL POPULATIONS

Abstract. This article is a comprehensive exploration of the mechanisms of mutagenesis and genetic changes in bacterial populations. It focuses on their practical implications, particularly their influence on adaptability and evolutionary processes. The research highlights the role of various mutations, both spontaneous and induced, in the development of resistance to antibiotics and other environmental stresses. The findings, derived from a range of models and methods, provide valuable insights for the development of strategies to combat antibiotic resistance and enhance bacterial adaptability.

This study delves into the mechanisms of mutagenesis and genetic changes in bacterial populations, and their impact on adaptability and evolutionary processes under various environmental stresses. It reviews a wide range of mutation types, including point mutations, insertions, deletions, and chromosomal aberrations, and their diverse effects on bacterial populations. These mutations can occur spontaneously due to errors during DNA replication or under the influence of external mutagens such as UV rays and chemical agents. Adaptive mutations that aid bacteria in surviving stressful conditions, such as the presence of antibiotics, have been thoroughly examined. Mutations in genes associated with antibiotic resistance have been found to result in changes in target proteins, efflux pumps, and antibiotic-degrading enzymes. Genetic changes in bacterial populations are instrumental in their evolution. For instance, studies of operons such as *ebg* and *bgl* in *E. coli* have demonstrated that mutations can lead to the development of new metabolic capabilities and adaptation to new substrates. Various bacteria have been found to possess multiple types of repair systems that assist in repairing DNA damage caused by mutations. For example, photoreactivation and dark repair enable bacteria to maintain genetic stability even after significant exposure to mutagens. Research has revealed that spontaneous mutations, such as those occurring in the *rpsL* gene, can significantly boost the level of antibiotic production in *Streptomyces*. It has also been established that mutations in other genes can contribute to the resistance of bacteria to antibiotics, a pressing issue in modern medicine.

These significant findings underscore the crucial importance of studying mutations and genetic changes in bacteria. They not only deepen our understanding of the mechanisms of bacterial adaptation and evolution but also pave the way for innovative approaches to combat antibiotic resistance, a pressing issue in modern medicine.

Keywords: bacteria, spontaneous mutations, adaptive mutations, antibiotic resistance, genetic changes, resistance, DNA.

Постановка проблеми. Бактеріальні популяції зазнають постійних генетичних змін через мутації та процеси горизонтального перенесення генів. Ці генетичні зміни є ключовими для їх адаптації до змінних умов середовища, зокрема, до впливу антибіотиків [1,2].

Мутації є основним рушійним механізмом еволюції та адаптації бактерій, що дозволяє їм виживати в умовах стресу і змінних середовищ. Однак дослідження мутацій у популяціях різних бактерій стикається з кількома проблемами, які впливають на точність і узагальненість отриманих результатів.

Популяції бактерій демонструють високу генетичну різноманітність, що ускладнює ідентифікацію конкретних мутацій, які відповідальні за адаптивні зміни. Бактерії мають здатність до швидкого розмноження і великого генетичного розмаїття завдяки горизонтальному перенесенню генів, що створює значні виклики у вивченні мутаційних процесів [3].

Бактеріальні популяції піддаються різноманітним екологічним стресам, таким як зміни температури, рН, наявність антибіотиків або інших хімічних речовин. Ці фактори можуть стимулювати виникнення специфічних мутацій, що ускладнює розмежування між мутаціями, викликаними природними умовами і тими, що спричинені лабораторними маніпуляціями [4,5].

Бактерії використовують різні механізми для виникнення мутацій, включаючи спонтанні мутації та індуковані мутації, викликані зовнішніми мутагенами. Спонтанні мутації можуть бути наслідком помилок при реплікації ДНК або внутрішньоклітинних метаболічних процесів, тоді як індуковані мутації можуть бути спричинені фізичними (УФ-промені, радіація), хімічними (мутагенні сполуки) і біологічними (віруси, транспозони) факторами.

Організація бактеріальної ДНК у компактну нуклеїдну структуру, яка включає нуклеїд-асоційовані білки (NAP) та інші регуляторні білки, впливає на частоту та розподіл мутацій у різних частинах хромосоми. Варіації в частоті мутацій і рекомбінацій у різних регіонах бактеріальної хромосоми можуть мати значний вплив на еволюцію бактерій та їхню здатність до адаптації [6]. Розробка ефективних методів для вивчення мутацій є критично важливою, але складною задачею. Наявні методи, такі як секвенування ДНК, аналіз генетичних маркерів і функціональні дослідження генів, мають свої обмеження і можуть не завжди давати повну картину мутаційних процесів у

бактеріальних популяціях. Антибіотикорезистентність, що розвивається внаслідок таких мутацій, стала однією з найбільших загроз сучасній медицині, ускладнюючи лікування інфекційних захворювань та збільшуючи смертність і економічні витрати на охорону здоров'я. Попри досягнення у сфері генетики та мікробіології, багато аспектів мутаційних процесів залишаються недостатньо вивченими. Важливими питаннями є механізми спонтанних та індукованих мутацій, їх частота та вплив на функціонування бактеріальних клітин. Крім того, дослідження регуляторних механізмів, що контролюють мутагенез та рекомбінаційні процеси, можуть відкрити нові шляхи для контролю над розвитком резистентності. Суттєвою проблемою є також недостатнє розуміння регіональних відмінностей у швидкості мутацій та рекомбінацій у бактеріальних хромосомах [6]. Ці відмінності можуть мати значний вплив на еволюцію бактерій і їхню здатність адаптуватися до стресових умов. Такі знання можуть сприяти розробці нових антибактеріальних стратегій і методів боротьби з резистентністю, що є життєво важливим для збереження ефективності антибіотиків. Таким чином, ця стаття має на меті дослідити генетичні зміни у бактеріальних популяціях, зокрема, механізми мутацій та їх вплив на адаптацію бактерій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті Сармієнто-Вілламіль Дж та співавторів описано ефективну стратегію отримання мутантів шляхом цільового видалення генів у грибка *Ophiostoma novo-ulmi*, що викликає голландську хворобу в'язів. Дослідження показало, що використання CRISPR/Cas9 дозволяє точно та швидко видаляти окремі гени, що суттєво сприяє вивченню функціональних характеристик генів і розвитку нових методів боротьби з патогенами рослин [1]. І. Хефец та ін. представили дослідження оборотної мутації [2]. У роботі Букхолдера П. та Гілеса Н., опублікованій ще у 1947 році, досліджується індукція біохімічних мутацій у бактерії *Bacillus subtilis*. Авторами були вивчені ефекти різних мутагенів на зміну біохімічних властивостей бактерій, що дозволило виявити нові шляхи адаптації мікроорганізмів до змінних умов середовища [3]. Деві П. та Понтекорво Г. розглядають мутації, викликані рентгенівським опроміненням у висушених бактеріях. Куліба М. Дж., Ван Тайн Д. дослідили бактеріальну еволюцію під час інфікування [4]. Дослідження, проведене у 1947 році, показало, що рентгенівське опромінення може викликати значні генетичні зміни, що дозволило краще зрозуміти механізми мутагенезу під дією фізичних факторів [5]. Хіггінботом С. А. Ронделет та ін. представили новий метод ESI мутагенезу, який дозволяє одноетапно вводити мутації у бактеріальні штучні хромосоми (BAC). Метод базується на використанні специфічних олігонуклеотидів і дозволяє швидко і точно змінювати генетичну інформацію в BAC [6]. Кожен з цих наукових джерел вивчає різні аспекти мутацій і їх вплив на живі системи, зокрема на бактерії. У роботі Каноде Р., Чандра С., Шарма С. досліджено метод бактеріального аналізу оберненої мутації для

виявлення речовин, що можуть викликати ракові захворювання, але не мають прямого генотоксичного впливу. Автори розглядають технічні аспекти цього методу та його потенційні переваги у виявленні канцерогенів [7]. Ківісаар М. досліджує варіації у швидкостях мутації та рекомбінації вздовж хромосом бактерій. Це допомагає краще зрозуміти процеси еволюції та адаптації бактерій до змін у середовищі [8]. Рюленс П., де Віссер Дж. А. Г. М. дослідив явище клонального втручання та вплив мутацій в невеликих популяціях бактерій. Автори використовують експериментальні підходи для вивчення взаємодії між мутаціями та конкуренцією в мікробних популяціях [9]. У своїй роботі [10] Унтербергер-Хені Е. порівнює ефекти трьох ізомерів метилендіаніліну на мутагенність у бактерійних системах. Автори досліджують різні методи токсикологічного аналізу, щоб зрозуміти потенційний ризик цих сполук для здоров'я.

Мета статті Метою цієї роботи є дослідження механізмів мутагенезу та генетичних змін у популяціях бактерій, а також їх впливу на адаптивність і еволюційні процеси в умовах різних екологічних стресів.

Виклад основного матеріалу. Мутації у популяціях бактерій відіграють ключову роль у їх еволюції та адаптації до змінних умов середовища. Ці випадкові зміни в ДНК можуть мати різні наслідки, від нейтральних до тих, що забезпечують переваги чи навіть призводять до захворювань. Мутації - це постійні зміни в послідовності нуклеотидів ДНК. Мутації у бактеріях можуть мати різні наслідки. Нейтральні мутації не впливають на функціонування бактерій, оскільки вони не змінюють важливих для життєдіяльності білків або клітинних процесів [1]. Корисні мутації можуть підвищувати виживаність бактерій [2]. Наприклад, мутації, що забезпечують стійкість до антибіотиків, дозволяють бактеріям виживати і розмножуватись у присутності лікарських препаратів, що раніше були ефективними. Шкідливі мутації, навпаки, можуть призводити до втрати важливих функцій, таких як здатність до реплікації або обміну речовин, або ж підвищувати вірулентність, що робить бактерії більш небезпечними для організмів-хазяїв. Ці наслідки мутацій грають важливу роль в еволюції та адаптації бактеріальних популяцій до змінних умов середовища, впливаючи на їхню життєздатність і поширення. Мутації є основою для еволюційних змін, оскільки вони вносять генетичне різноманіття, на яке може впливати природний добір. Бактерії з корисними мутаціями мають більші шанси на виживання та розмноження, передаючи свої гени наступним поколінням.

Вони можуть виникати спонтанно під час клітинних процесів, таких як реплікація ДНК, або бути викликаними зовнішніми факторами, зокрема хімічними речовинами чи радіацією. Мутації можуть бути спонтанними, тобто виникати мимовільно без зовнішнього впливу, або індукованими, викликаними певними факторами [3]. Спонтанні точкові мутації часто є результатом помилок під час реплікації ДНК, пов'язаних з таутомерними

змiнами в азотистих основах. Наприклад, тимiн зазвичай знаходиться в кетоформi i спарюється з аденином. Однак, якщо тимiн переходить в енольну форму, вiн починає спарюватися з гуанiном, що призводить до появи в новiй молекули ДНК пари Г-Ц замість А-Т. Спонтаннi хромосомнi аберацiї можуть виникати внаслідок перемiщення рухомих генетичних елементiв. Індукованi мутацiї з'являються під впливом зовнiшнiх мутагенiв, якi можуть бути фiзичними (УФ-променi, iонiзуюча радiацiя), хiмiчними (аналогі пуринових i пiримідинових основ, азотиста кислота та iншi сполуки) або бiологiчними (транспозони). Аналогi пуринових i пiримідинових основ, такі як 2-амінопурин i 5-бромурацил, включаються в ДНК, але часто спаровуються з "неправильними" партнерами через таутомернi перетворення, викликаючи заміну пуринів або пiримідинiв. Це явище називається транзицiєю, коли пурин замiнюється iншим пурином (А-Г) або пiримідин замiнюється iншим пiримідином (Т-Ц). Азотиста кислота та її аналоги викликають дезамiнування азотистих основ, що призводить до помилок при спарюванні i, як наслідок, до транзицiї. Наприклад, аденин при дезамiнуванні перетворюється в гіпоксантин, який спарюється з цитозином, що призводить до заміни пари АТ на ГЦ. Гуанiн при дезамiнуванні перетворюється в ксантин, який продовжує спарюватися з цитозином, тому дезамiнування гуанiну не викликає мутацiї. Акридин та профлавін вставляються між сусiдніми основами ДНК, подвоюючи відстань між ними [4]. Це може призвести до втрати нуклеотиду або включення додаткової нуклеотидної пари, що зрушує рамку зчитування тРНК i викликає зчитування iнформацiї з помилками.

Бактерiї мають складнi механiзми репарацiї ДНК, що дозволяє їм виправляти пошкодження, спричиненi мутагенними факторами. До таких механiзмiв належать нуклеотидна ексцизiйна репарацiя, система SOS-вiдповiдi, а також специфiчнi системи для видалення тимiнових димерiв, якi утворюються під впливом УФ-випромiнення. Мутацiї вiдiграють ключову роль в еволюцiї бактерiальних популяцiй, оскiльки вони сприяють генетичному рiзноманiттю, що може покращувати адаптацiю до змiн у навколишньому середовищі. Деякi мутацiї можуть надати бактерiям стiйкiсть до антибiотикiв, що є серйозною проблемою в сучаснiй медицині [5]. Дослiдження також фокусуються на впливі рiзних фiзичних i хiмiчних факторiв на генетичну мiнливiсть бактерiй. Зокрема, вивчається вплив радiацiї в зоні вiдчуження Чорнобильської АЕС, де бактерiї демонструють значнi генетичнi змiни внаслідок тривалого впливу радiацiї.

В бактерiальних популяцiях рiзноманiтнi генетичнi механiзми можуть призводити до мутацiй. Найчастiше активними є такі механiзми [5]:

1. Точковi мутацiї: Це найпоширенiший тип мутацiй, якi включають заміни однієї пари основ у ДНК. Точковi мутацiї можуть бути викликанi помилками під час реплікацiї ДНК або впливом мутагенiв, таких як хiмiчнi агенти та ультрафіолетове випромiнювання.

2. Інсерції та делеції: Інсерції (вставки) та делеції (видалення) сегментів ДНК можуть призводити до значних змін у геномі бактерій. Ці мутації можуть виникати через нерівні кросинговери під час реплікації або через вплив мобільних генетичних елементів, таких як транспозони.

3. Транспозони та інші мобільні генетичні елементи: Транспозони можуть переміщуватися з одного місця в геномі в інше, спричиняючи мутації. Вони можуть викликати інсерції або делеції і часто несуть додаткові гени, наприклад, гени стійкості до антибіотиків.

4. Рекомбінації: Генетична рекомбінація, включаючи гомологічну рекомбінацію, часто використовується для виправлення пошкоджень ДНК, але також може спричиняти мутації, якщо вона відбувається між нерівними сегментами ДНК. Цей механізм важливий для горизонтального перенесення генів, що сприяє генетичній різноманітності.

5. Фактор SOS: Цей механізм активується у відповідь на значне пошкодження ДНК і включає спеціальні ДНК-полімерази, які мають низьку точність копіювання. Внаслідок цього можуть виникати численні мутації, але цей механізм дозволяє бактеріям виживати в екстремальних умовах.

6. Ультрафіолетове та іонізуюче випромінювання: Ці фактори можуть спричинити формування димерів тиміну та інші форми пошкоджень ДНК, які призводять до помилок при реплікації. У відповідь на такі пошкодження активуються різні системи репарації, які можуть бути джерелом мутацій. Ультрафіолетове опромінення вражає переважно піримідинові основи, спричиняючи утворення тимінових димерів. Дослідження показали, що ушкодження ДНК, викликані УФ-опроміненням, можуть частково виправлятися завдяки репараційним системам, які функціонують у різних бактеріях. Один тип репарації здійснюється на світлі завдяки фотореактивуючому ферменту, який розщеплює тимінові димери. В темновій репарації дефектні ділянки ДНК видаляються, а нова ДНК синтезується за допомогою ДНК-полімерази на основі збереженої матриці, після чого ланцюги з'єднуються лігазою.

Мутації у популяціях бактерій є фундаментальним процесом, який впливає на їхню адаптацію та еволюцію. Вони можуть мати як позитивні, так і негативні наслідки, і є важливими для розуміння як мікробіології, так і ширших аспектів біології та медицини. Однією з найважливіших проблем у медицині є розвиток антибіотикорезистентності серед бактерій. Зрозуміння мутацій допомагає вченим розробляти нові стратегії боротьби з бактеріальними інфекціями та антибіотикорезистентністю. Мутації можуть призвести до змін у генах, що кодують білки-мішені для антибіотиків, або до вироблення ферментів, які руйнують антибіотики. Це дозволяє бактеріям виживати навіть у присутності лікарських препаратів, що раніше були ефективними проти них. Антибіотикорезистентність є серйозною проблемою сучасної медицини, і мутації відіграють ключову роль у розвитку стійкості бактерій до антибіотиків. Мутації, що спричиняють розвиток стійкості до

антибіотиків, часто відбуваються в генах, які кодують білки-мішені, транспортери ліків, регулятори транспортерів і ферменти, що модифікують антибіотики [6, 7]. Ці зміни можуть бути спонтанними або індукованими впливом зовнішніх факторів, таких як ультрафіолетове випромінювання чи хімічні речовини. Мутації можуть змінювати структуру білків, до яких прикріплюються антибіотики, знижуючи їх ефективність. Наприклад, мутації в генах, що кодують рибосомні білки, можуть призвести до того, що антибіотик не може зв'язуватися з рибосомою і, відповідно, не зупиняє синтез білка. Деякі мутації можуть активувати або підвищувати ефективність ефлюкських насосів, які виводять антибіотик з клітини, зменшуючи його внутрішньоклітинну концентрацію і запобігаючи його дії. Мутації можуть призводити до вироблення нових ферментів або модифікації наявних, які розщеплюють або модифікують антибіотик, роблячи його неактивним. Нераціональне використання антибіотиків у медицині та ветеринарії, а також самолікування значно сприяють розвитку резистентності. Це включає призначення антибіотиків без необхідності, неправильне дозування або недотримання тривалості лікування. Антибіотикорезистентність є глобальною загрозою здоров'ю населення, оскільки зниження ефективності антибіотиків ускладнює лікування інфекцій [5,8]. Це вимагає розробки нових стратегій для боротьби з резистентністю та підвищення обізнаності про раціональне використання антибіотиків. Вивчення мутацій та їхніх механізмів допомагає розробляти нові методи боротьби з антибіотикорезистентністю, включаючи створення нових антибіотиків і вдосконалення наявних препаратів. Спільні зусилля науковців, медиків і громадськості можуть допомогти зберегти ефективність антибіотиків і захистити здоров'я майбутніх поколінь.

Дослідження мутацій та генетичних змін у бактеріальних популяціях продовжують бути актуальним напрямом в генетиці і мікробіології. Наразі особливу увагу приділяють вивченню механізмів мутацій та їхнього впливу на адаптацію і еволюцію бактерій.

Швидкість мутацій і рекомбінації в бактеріальній хромосомі не є постійною. Хромосомна ДНК бактерій організована в компакту структуру, звану нуклеоїдом, яка формується завдяки зв'язуванню з нуклеоїд-асоційованими білками (NAP) та іншими білками. Останні дослідження показують, що процеси мутацій і рекомбінації у бактерій відбуваються з різною інтенсивністю залежно від положення в хромосомі.

Ці регіональні відмінності можуть бути спричинені участю NAP-білків та інших механізмів, які впливають на структуру і доступність ДНК для процесів мутацій і рекомбінації. В результаті, різні ділянки хромосоми можуть мати різну схильність до генетичних змін, що впливає на еволюцію бактерій. Враховуючи ці відмінності, варіації у швидкості мутацій і рекомбінацій можуть призводити до утворення нових фенотипів і адаптаційних переваг, що підвищують здатність бактерій виживати і розмножуватися в різних умовах.

Не зважаючи на значні досягнення в галузі медицини та біотехнологій, останнім часом спостерігається зростання стійкості патогенних мікроорганізмів до більшості відомих антибіотиків. Це стає серйозною проблемою для сучасної медицини, оскільки може призвести до ускладнень у лікуванні інфекційних захворювань та збільшення смертності від них. Тому на сьогодні виникає критична необхідність у пошуку нових ефективних антибіотиків та вдосконаленні наявних. Одними з основних джерел антибіотиків є грампозитивні бактерії роду *Streptomyces*. Ці мікроорганізми є базою для пошуку нових антибіотичних сполук через їхню здатність продукувати різноманітні біоактивні речовини. Один із встановлених методів отримання промислових продуцентів антибіотиків полягає у створенні мутантів стрептоміцетів з мутаціями в гені *rpsL*, що кодує рибосомний білок S12. Ці мутації можуть стимулювати виробництво антибіотиків. Ген *rpsL* відповідає за точність трансляції та активність певних метаболічних шляхів, бо білок S12 утворює частину рибосомного декодувального сайту, де відбувається правильне розпізнавання кодонів. Це пояснює вплив мутацій в гені *rpsL* на точність трансляції, але деталі механізму від мутації до зміни метаболічної активності потребують подальшого дослідження.

Спонтанні мутації у геномі *rpsL* можуть також включати інші зміни, які необхідні для збалансованої функції клітини. Наявність декількох мутацій може надати спонтанним мутантам перевагу порівняно з тими, які були створені штучними методами генетичної інженерії. Це може бути пов'язано з тим, що природні мутації можуть краще адаптуватися до умов середовища, оскільки вони розвивалися під природними впливами. Такий підхід дозволяє ефективніше використовувати бактерії для виробництва корисних речовин, включаючи антибіотики. Такі мутанти можуть бути більш продуктивними. Проте, наукова література ще не надає порівняльного аналізу *rpsL*-мутантів різного походження з ідентичними мутаціями в цьому гені, що є перспективним напрямком для майбутніх досліджень [4].

Адаптивні мутації є ключовим механізмом, завдяки якому бактерії можуть швидко пристосовуватися до нових або стресових умов середовища. Вивчення цих мутацій базується на розумінні хромосомних моделей, зокрема, типовими прикладами є нонсенс-мутації в генах, які беруть участь у метаболічних шляхах синтезу та катаболізму амінокислот і вуглеводів.

У клітинах *E. coli* лактозний оперон (*lac*) та аналогічно регульований оперон *ebg*, який включає гени *ebgR* і *ebgAC*, відіграють важливу роль у метаболізмі. Ген *ebgR* кодує репресор, а ген *ebgAC* — другу β -галактозидазу. У випадку відсутності гена *lacZ*, але за наявності пермеази лактози, мутації в опероні *ebg* дозволяють бактерії рости на лактозному (*Lac*) середовищі або з іншими цукрами, такими як лактулоза (*Lu*). Мутації в гені *ebgAC* поділяються на два класи: мутації класу I (*Lac*⁺ *Lu*⁻) дозволяють ріст на лактозі, але не на лактулозі, тоді як мутації класу II (*Lac*⁺ *Lu*⁺) забезпечують ріст на обох

цукрах. Ці мутанти можуть нормально рости тільки за наявності додаткової мутації в гені репресора *ebgR*, що призводить до дерепресії всього оперону та конститутивної експресії ферменту *EbgAC*.

Адаптивні мутації, що спостерігаються в цій системі, виникають в клітинах, які діляться дуже повільно, що вказує на те, що стрес, пов'язаний з повільним ростом, сприяє формуванню таких мутацій. Це є першим прикладом рецесивних адаптивних мутацій, які зачіпають гени-репресори.

Оперон *bgl*, відповідальний за розкладання р-глікозидів, таких як саліцин, у штамів *E. coli* KI 2 є неактивним через специфічні білки, які зв'язуються з регуляторною послідовністю гена *bglR*. Мутації, що активують оперон *bgl*, найчастіше спричиняються вставками елементів IS, таких як IS7 та IS5.

Адаптивний мутагенез вивчається також за допомогою реверсійних мутацій у генах метаболічних шляхів тирозину, лейцину і триптофану у *E. coli* та гістидину у *Salmonella typhimurium*. Реверсійні мутації, наприклад, у генах *trpA* і *trpB*, дозволяють клітинам виживати в умовах дефіциту триптофану через накопичення проміжних метаболітів, що дозволяє виявити нові мутації [3].

Останні дослідження запропонували нову модель для вивчення адаптивних мутацій, що використовує реверсійні мутації в гені метаболічного шляху аргініну (*argE30c*) у *E. coli*. Ця модель дозволяє вивчати вплив мутацій в інших генах на рівень мутацій, пов'язаних з голодуванням, а також визначати специфічність мутацій *Arg⁺* шляхом аналізу фенотипу та наявності супресорів.

Вивчення адаптивних мутацій і генетичних змін у бактеріальних популяціях є критично важливим для розуміння механізмів еволюції бактерій та розробки ефективних стратегій боротьби з антибіотикорезистентністю.

Дослідження на грибах, таких як *Neurospora* та *Ophiostoma*, показали, що гени контролюють біохімічні реакції, необхідні для біосинтезу клітинних компонентів, що є критичними для їхнього росту. Аналогічно, у бактерій біохімічні процеси керуються генами, які також схильні до мутацій. Ці мутації можуть відбуватися спонтанно, приводячи до змін у спадкових вимогах до росту бактерій. Бактерії, які виникають у складніших середовищах, часто втрачають деякі синтетичні здібності, що збільшує їхню залежність від зовнішніх джерел живлення. Це вказує на те, що в природних умовах може не відбуватися відбір проти таких мутантів або ж перевага надається природним мутантам, які адаптувалися до конкретних умов середовища. Генетичні зміни можуть впливати на їхню здатність синтезувати необхідні молекули, що, своєю чергою, впливає на їхні харчові потреби і здатність виживати в різних умовах. Це підтверджує важливість вивчення мутацій у бактеріальних популяціях для розуміння механізмів еволюції та адаптації мікроорганізмів [10].

Висновки. Дослідження показали, що в бактеріальних популяціях можуть виникати різні типи мутацій, включаючи точкові мутації, інсерції, делеції та хромосомні аберації. Ці мутації можуть виникати спонтанно або під впливом зовнішніх факторів, таких як хімічні мутагени та УФ-промені.

Виявлено, що адаптивні мутації допомагають бактеріям виживати в несприятливих умовах, таких як наявність антибіотиків. Ці мутації можуть змінювати структуру білків-мішеней, ефлюкських насосів і ферментів, що розщеплюють антибіотики, забезпечуючи стійкість до ліків.

Генетичні зміни, які виникають внаслідок мутацій, відіграють важливу роль в еволюції бактерій. Зміни в оперонах, таких як *ebg* і *bgl* у *E. coli*, показують, що мутації можуть сприяти розвитку нових метаболічних функцій та адаптації до різних субстратів.

Важливу роль у збереженні генетичної стабільності бактерій відіграють репараційні системи. Світлова та темнова репарації допомагають виправляти пошкодження ДНК, викликані мутагенами, зберігаючи життєздатність клітин.

Спонтанні мутації можуть значно підвищувати стійкість бактерій до антибіотиків, що становить серйозну проблему для лікування інфекцій. Вивчення цих мутацій допомагає зрозуміти механізми розвитку стійкості та розробляти нові підходи до боротьби з нею.

Отримані дані мають важливе значення для медицини та біотехнології. Вони можуть використовуватися для розробки нових стратегій боротьби з бактеріальними інфекціями та для оптимізації виробництва антибіотиків.

Таким чином, дослідження мутацій та генетичних змін у бактеріальних популяціях дозволяє глибше зрозуміти процеси адаптації та еволюції бактерій, а також знайти ефективні методи боротьби з антибіотикорезистентністю.

Література:

1. An Efficient Strategy for Obtaining Mutants by Targeted Gene Deletion in *Ophiostoma novo-ulmi* / J. L. Sarmiento-Villamil et al. *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12. URL: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.699783> .
2. A reversible mutation in a genomic hotspot saves bacterial swarms from extinction / I. Hefetz et al. *iScience*. 2023. P. 106043. URL: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106043> .
3. Burkholder P. R., Giles N. H. Induced biochemical mutations in *Bacillus Subtilis*. *American Journal of Botany*. 1947. Vol. 34, №6. P. 345–348. URL: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1947.tb12999.x> .
4. Culyba M. J., Van Tyne D. Bacterial evolution during human infection: Adapt and live or adapt and die. *PLoS Pathogens*. 2021. Vol. 17, № 9. P. e1009872. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1009872>.
5. Devi P., Pontecorvo G., Higginbottom C. X-Ray Induced Mutations in Dried Bacteria. *Nature*. 1947. Vol. 160, №4067. P. 503–504. URL: <https://doi.org/10.1038/160503b0> .
6. ESI mutagenesis: a one-step method for introducing mutations into bacterial artificial chromosomes / A. Rondelet et al. *Life Science Alliance*. 2020. Vol. 4, №2. P. e202000836. URL: <https://doi.org/10.26508/lsa.202000836> .
7. Kanode R., Chandra S., Sharma S. Application of bacterial reverse mutation assay for detection of non-genotoxic carcinogens. *Toxicology Mechanisms and Methods*. 2017. Vol. 27, №5. P. 376–381. URL: <https://doi.org/10.1080/15376516.2017.1300616> .
8. Kivisaar M. Mutation and Recombination Rates Vary Across Bacterial Chromosome. *Microorganisms*. 2019. Vol. 8, №1. P. 25. URL: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010025> .
9. Ruelens P., de Visser J. A. G. M. Clonal Interference and Mutation Bias in Small Bacterial Populations in Droplets. *Genes*. 2021. Vol. 12, №2. P. 223. URL: <https://doi.org/10.3390/genes12020223>.
10. Unterberger-Heni E. Comparative evaluation of three methylene dianiline isomers in the bacterial reverse mutation assay, the in vitro gene mutation test, and the in vitro chromosomal aberration test. *Toxicology and Industrial Health*. 2022. P. 074823322109101. URL: <https://doi.org/10.1177/0748233221091018> .

References:

1. Burkholder, P. R., & Giles, N. H. (1947). INDUCED BIOCHEMICAL MUTATIONS IN *BACILLUS SUBTILIS*. *American Journal of Botany*, 34(6), 345–348. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1947.tb12999.x>
2. Culyba, M. J., & Van Tyne, D. (2021). Bacterial evolution during human infection: Adapt and live or adapt and die. *PLOS Pathogens*, 17(9), Стаття e1009872. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1009872>
3. DEVI, P., PONTECORVO, G., & HIGGINBOTTOM, C. (1947). X-Ray Induced Mutations in Dried Bacteria. *Nature*, 160(4067), 503–504. <https://doi.org/10.1038/160503b0>
4. Hefetz, I., Israeli, O., Bilinsky, G., Plaschkes, I., Hazkani-Covo, E., Hayouka, Z., Lampert, A., & Helman, Y. (2023). A reversible mutation in a genomic hotspot saves bacterial swarms from extinction. *iScience*, 106043. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106043>
5. Kanode, R., Chandra, S., & Sharma, S. (2017). Application of bacterial reverse mutation assay for detection of non-genotoxic carcinogens. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 27(5), 376–381. <https://doi.org/10.1080/15376516.2017.1300616>
6. Rondelet, A., Pozniakovsky, A., Namboodiri, D., Cardoso da Silva, R., Singh, D., Leuschner, M., Poser, I., Ssykor, A., Berlitz, J., Schmidt, N., Röhder, L., Vader, G., Hyman, A. A., & Bird, A. W. (2020). ESI mutagenesis: a one-step method for introducing mutations into bacterial artificial chromosomes. *Life Science Alliance*, 4(2), Стаття e202000836. <https://doi.org/10.26508/lsa.202000836>
7. Kivisaar, M. (2019). Mutation and Recombination Rates Vary Across Bacterial Chromosome. *Microorganisms*, 8(1), 25. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010025>
8. Ruelens, P., & de Visser, J. A. G. M. (2021). Clonal Interference and Mutation Bias in Small Bacterial Populations in Droplets. *Genes*, 12(2), 223. <https://doi.org/10.3390/genes12020223>
9. Sarmiento-Villamil, J. L., de Oliveira, T. C., Naruzawa, E. S., & Bernier, L. (2021). An Efficient Strategy for Obtaining Mutants by Targeted Gene Deletion in *Ophiostoma novouelmi*. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.699783>
10. Unterberger-Heni, E. (2022). Comparative evaluation of three methylene dianiline isomers in the bacterial reverse mutation assay, the in vitro gene mutation test, and the in vitro chromosomal aberration test. *Toxicology and Industrial Health*, 074823322109101. <https://doi.org/10.1177/0748233221091018>

Журнал

«Перспективи та інновації науки»

(Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)

Випуск № 6(40) 2024

Видавець:

Громадська наукова організація «Всеукраїнська асамблея докторів наук з державного управління»

Свідоцтво серія ДК №4957 від 18.08.2015 р., Андріївський узвіз, буд.11, оф 68, м. Київ, 04070.